

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-53056

(P2001-53056A)

(43)公開日 平成13年2月23日(2001.2.23)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード*(参考)

H 0 1 L 21/306

H 0 1 L 21/306

B

H 0 1 S 5/183

H 0 1 S 5/183

H 0 1 L 21/306

D

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-168653(P2000-168653)

(22)出願日 平成12年6月6日(2000.6.6)

(31)優先権主張番号 09/326337

(32)優先日 平成11年6月7日(1999.6.7)

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 399117121

アジレント・テクノロジーズ・インク

AGILENT TECHNOLOGIE
S, INC.

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ページ・ミル・ロード 395

(72)発明者 ヨング・チェン

アメリカ合衆国カリフォルニア州94306,
パロ・アルト

(74)代理人 100099623

弁理士 奥山 尚一 (外2名)

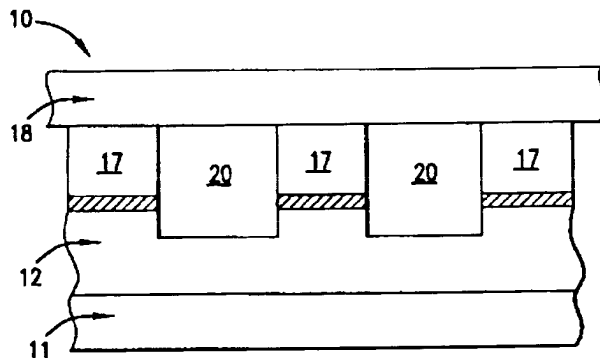
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エピタキシャル層を1つの基板から分離して他の基板に移し替えるための方法

(57)【要約】

【課題】 高品質光学素子の製造に好適な安定した均一なエピタキシャル層を得ることができるような方法を提供すること。

【解決手段】 第1のエピタキシャル層12を第1の基板11上に成長させるステップと、第1のエピタキシャル層12の表面上の一部にマスク14を設けるステップと、第2のエピタキシャル層17、37を第1のエピタキシャル層12の上に形成するステップと、第2のエピタキシャル層17、37にトレンチ20を形成してマスク14を露出させるステップと、第2の基板18を第2のエピタキシャル層17、37にボンディングするステップと、トレンチ20にエッチング剤を注入し、マスク14をエッチングして第2のエピタキシャル層17、37を第1のエピタキシャル層12から分離するステップとをそれぞれ有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 エピタキシャル層を1つの基板から分離し、この分離したエピタキシャル層を他の基板に移し替えるための方法であって、(a) 第1のエピタキシャル層を第1の基板上に成長させるステップと、(b) 前記第1のエピタキシャル層の表面上の一部にマスクを設けるステップと、(c) 前記第1のエピタキシャル層を前記第1のエピタキシャル層の上に形成するマスクと、(d) 前記第2のエピタキシャル層にマスクを形成して前記マスクを露出させるステップと、(e) 第2の基板を前記第2のエピタキシャル層にエッチングするステップと、(f) 前記エッチングによって露出した前記第2のエピタキシャル層を前記第1のエピタキシャル層から分離するステップと、(g) 前記分離したエピタキシャル層を他の基板に移し替えるステップとを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項2】 前記第1の基板がサファイアを含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記第1のエピタキシャル層が窒化ガリウム(GaN)を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項4】 前記第2のエピタキシャル層が窒化ガリウム(GaN)を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項5】 前記第2の基板が、珪素(Si)、ゲルマニウム(Ge)、III-V族化合物半導体(InP、GaP)及びII-VI族化合物半導体(CdTe、HgTe)から成るグループより選択されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項6】 前記第2のエピタキシャル層が追加のエピタキシャル層を含み、前記追加のエピタキシャル層が半導体発光素子を形成することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項7】 前記エッチングが弗化水素酸(HF)を用いて実施されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項8】 前記第2の基板をエッチングするステップの前に、(g) 前記第2のエピタキシャル層の表面に追加のドレン層を形成するステップと、(h) 分布型ブラッグリフレクタ(DBR)を形成するために前記追加のドレン層の中に誘電体層を設けるステップと、

(i) 前記マスクをエッチングするステップの後に、前記第2のエピタキシャル層の上に第2の分布型ブラッグリフレクタ(DBR)を形成するために追加の誘電体層を設けるステップと、を更に含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項9】 前記第2の基板及び前記第2のエピタキシャル層を劈開するステップを更に含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項10】 請求項4に記載の方法により作成された高品質の窒化ガリウム(GaN)エピタキシャル材

料。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的に半導体材料の製作方法に関し、より具体的には、エピタキシャル成長させた層を1つの基板から分離して他の基板に移し替えるための方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ダイオード、トランジスタ、レーザ等のような電子デバイスには、半導体材料の成長が不可欠である。

（構成基礎）は、基板上に成長させることができる半導体材料である。この半導体材料は、半導体材料のエピタキシャル層を基板上に成長させることにより製作される。基板材料としては、エピタキシャル層の成長に用いられる材料と異なる材料が用いられることが一般的である。例えば、窒化ガリウム(GaN)のエピタキシャル層は、サファイア基板上に成長させることができる。

【0003】半導体材料から様々な発光構造を製作することが可能である。これらの構造を形成させるためには、エピタキシャル層を元の基板から分離して他の基板に移し替えることが望ましい場合が多い。例えば、エッジ放射型レーザ（端面放射型レーザ、或いは吸収端発光レーザ）を製作する場合、反射面を得るためにエピタキシャル層を劈開(cleavage)しなければならない。ここで、劈開とは、基板とエピタキシャル層とを含む塊の端部に刃目又は切り込みを入れて破断し、エピタキシャル材料に格子面に沿ったきれいで滑らかな断面を露出させる処理である。平行な一対の切子面が、反射ミラーとしてエッジ放射型半導体レーザにおいて用いられる。

【0004】しかしながら、GaNエピタキシャル層がサファイア(AI₂O₃)基板に結合している間は、劈開を実施することは難しい。従って、GaNエピタキシャル層がサファイア基板上で成長された場合、GaNをサファイア基板から分離することが望ましい。これは、サファイア基板を簡単に劈開できないためであり、更には、サファイア及びGaNエピタキシャル材料が異なる格子定数を持っていて格子面が正確に揃わないことに起因する。これにより、エピタキシャル層とサファイア基板とが互いに結合している場合は、劈開によりきれいなエピタキシャル層の平行面を得ることができない。従って、エッジ放射型レーザを作成するためには、エピタキシャル層をサファイア基板から分離し、このエピタキシャル層を、劈開がより容易な珪素(Si)等のような異なる基板に移し替えることが望ましい。

【0005】垂直空洞面放射型レーザ(VCSEL)は、通常、非常に薄いGaN及びAlGaNの交互の層から成る複数の量子井戸層の領域を含み、その周りには分布型ブラッグリフレクタ(DBR)が形成されている。

【0011】従って産業界においては、エピタキシャル層を1つの基板から分離してそのエピタキシャル層を他の基板に移し替えるための、より良く制御が可能でかつ実用的な方法に対するニーズが、解消されないまま残っているのである。

50 【0018】本発明の他の利点は、光学素子中の電流分

布が改善されることにある。

【0019】本発明の他の利点は、単純であり、商業用の大量生産を容易に実現することができることにある。

【0020】本発明の他の特徴及び利点は、以下の詳細な説明及び添付図面を参照することにより、当業者には明らかとなるであろう。以下より更なる特徴及び利点は、本発明の範囲に含まれるものである。

【0021】本発明は、様々な基板及びエピタキシャル成長材料を利用して実現することができる。本発明は、様々な材料に適用可能であるが、エピタキシャル層を1つの基板から分離してそれを他の基板に移し替えるための方法についての推奨される実施形態は、窒化ガリウム材料から成るエピタキシャル層を基板から分離し、その基板から成る他の基板に移植するものである。本発明のGaN材料としては、窒化ガリウム(GaN)、窒化インジウムガリウム(InGa_{0.5}N)、窒化インジウム(InN)、窒化アルミニウムガリウム(AlGa_{0.5}N)、窒化アルミニウム(InN)、窒化アルミニウムインジウムガリウム(AlInGa_{0.5}N)、窒化ガリウム砒素(GaAsN)、窒化インジウムガリウム砒素(InGaAsN)、窒化アルミニウムガリウム砒素(AlGaAsN)、窒化ガリウム燐(GaP)、窒化インジウムガリウム燐(InGaP)、窒化アルミニウムガリウム燐(AlGaP)等のIII-V族の元素を含むが、これらに限定されない。本発明の概念及び特徴は、他の材料のエピタキシャル層及び他の基板材料にも適用可能である。更に、同じ材料から成るエピタキシャル層上でのエピタキシャル層の成長は、異なる材料から成るエピタキシャル層上でのエピタキシャル層の成長と同様、本発明に含まれるものである。

【0022】

【発明の実施形態】ここで、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。図1は、本発明の概念を説明するための図である。なお、図中における構成要素は必ずしも相対的な大きさを表わすものではない、本発明の原理を明確に説明することに重点をおいて描かれたものである。

【0023】図1〜図5は、本発明の方法に係る第1の実施形態を示すものであって、エピタキシャル層を1つの基板から分離してそれを他の基板に移し替えるための方法を示している。図1は、エピタキシャル集合体10を示している。エピタキシャル集合体10はサファイア基板(第1の基板)11と、その上に成長させた第1のエピタキシャルGaN層12とを含んでいる。サファイアは、理想に近い絶縁材料であり、高品質のGaN層を成長させることができる格子パラメータを持っているAl₂O₃の一形態である。第1のエピタキシャルGaN層12の上面には、マスク14が形成されている。マス

ク14は、エピタキシャル成長を生じないような材料でなければならない。また、第1のエピタキシャルGaN層12、その上に成長させられる第2のエピタキシャル層、及びこの第2のエピタキシャル層に取付けられる第2の基板から成る使用される両方の材料よりも先に異質的に成長させる材料であるべきではない。なお、第2の基板及び第2のエピタキシャル層については後に説明する。マスク14の材料は、二酸化硅素(SiO₂)のような誘電材料であっても、ウエハスキャンのような導電材料であっても良い。マスク14は、第1のエピタキシャルGaN層12の表面の一部を覆うように設けられる。

【0024】第1のエピタキシャルGaN層12の表面のうちマスク14で覆われた表面部分は、第1のエピタキシャルGaN層12から分離される。マスク14は、成長させる第2のエピタキシャルGaN層17の材料に無駄を可能な限り抑えるという観点から、理想的にはマスク14中のウインドウはできるだけ狭く作ることが望ましい。しかしながら、実際上では、ウインドウの最低幅はどの要因により制約される。第1には、第2のエピタキシャルGaN層17用の種膜として作用することからできるだけ第1のエピタキシャルGaN層12が適度な位置に露出していなければならないという点である。第2には、マスク14を除去するエッチング等のために通路が設けられていなければならないという点である。マスク14中の細長いウインドウは現在推奨される実施形態を表わしている。その代わりに、円形又は多角形のウインドウを用いても良い。

【0025】次に、図2に示すように、第2のエピタキシャルGaN層17が第1のエピタキシャルGaN層12上に成長せしめられる。この第2のエピタキシャルGaN層17の成長は、最初の段階においては、第1のエピタキシャルGaN層12の露出部分から始まる。そして、第2のエピタキシャルGaN層17がマスク14中のウインドウを満たした後に、第1のエピタキシャルGaN層12及びマスク14上に連続的なエピタキシャル層が形成される。

【0026】ここでは、GaN材料の単一層として図示したが、第2のエピタキシャルGaN層17は、不純物をドーピングした半導体層、クラッド層及び活動層(active layer)等のような追加のエピタキシャル層を含んでも全くかまわない。これらの追加のエピタキシャル層は、通常、半導体レーザ等の半導体発光素子を作成する場合に形成される。第2のエピタキシャルGaN層17が、製造しようとするデバイスに必要とされるだけの追加層を含んでも良いことは言う迄もない。しかしながら、本発明の概念は第2のエピタキシャルGaN層17の構成に関係なく適用可能である。

【0031】図5は、第2の基板18及び第2のエピタキシャルGaN層17を含むエピタキシャル集合体10の一部を示したものである。この集合体10は、第2の

【0034】図7～図11は、エピタキシャル層を1つの基板から分離して他の基板に移し替えるための本発明による方法の他の実施形態を説明するものである。図7～図11に示した実施形態においては、第1のエピタキシャル層12上に成長させる第2のエピタキシャル層37は、第1のエピタキシャル層12と同じ材料を使ったものである。しかしながら、第2のエピタキシャル層37

10

20

30

40

50

7中の転位密度を低減するために、第2のエピタキシャル層37をトレンチ15の一面から成長させるようにしている。なお、第1のエピタキシャル層12上に成膜される第2のエピタキシャル層37は、第1のエピタキシャル層12とは異なる材料としても良い。

【0035】図7～図11において、図1～図5と同様の構成要素には同一の符号が付けられている。図7は、エピタキシャル集合体30を示している。このエピタキシャル集合体30は、サブリミット基板11と、このサブリミット基板11上に成膜された第1のエピタキシャル層12を含有している。第1のエピタキシャルGaN層12を成長させた後に、そこに好ましくはエッチングにより第1のトレンチ15が形成される。第1のトレンチ15は、好ましくはエッチングが最も容易な領域であるが、必ずしもエッチングが最も容易な領域である必要はない。このエッチングは、エッチング液を用いて行われる。

【0036】図7においてはトレンチ15の側壁21a及び21bを基板11の主面26に対して垂直に描いたが、これに代えて、傾斜をつけた側壁としても良い。第1のエピタキシャル層12の上面、トレンチ15の底面13及び随意的な溝掘によりトレンチ15の一方の側壁21a又は21b上にマスク14がそれぞれ設けられる。マスク14の存在により、エピタキシャル成長は、第1のエピタキシャルGaN層12の表面のうちマスク14にて覆われていない結晶面上に優先的に生じることになる。本実施形態では、マスク14は、第1のエピタキシャルGaN層12の上面及びトレンチ15の底面13の両方に設けられる。なお、マスク14はトレンチ15の一方の側壁21a又は21bにも成膜しても良い。

【0037】マスク14の存在により、第2のエピタキシャル層37は、側壁21a及び21bから横向きの方に沿って成長することになる。このようにすれば、第2のエピタキシャル層37の成長方向を従来の成長方向に対して90度、或はほぼ90度転換させることができ、これによって、より低い転位密度を持つエピタキシャル層が得られる。第2のエピタキシャル層37は、第1のエピタキシャルGaN層12の露出面から優先的に成長する。

【0038】その後、第2のエピタキシャルGaN層37は、図8に示すように第1のエピタキシャルGaN層12上に成長する。本願に参考資料として添付した、共通譲渡され、同時係属出中の米国特許出願番号：XXXの「クラックのない領域を有するエピタキシャル材料及びそれを製造する方法」(Epitaxial Material Having a Crack-Free Region and Method For Producing Same)と題された米国特許出願(出願日：XXX、事件整理番号：10990377)に開示の発明によれば、第2のエピタキシャルGaN層37は、マスク14の配置に依存して第1のトレンチ15の側壁21a及び21bの何れか一方、或は両方から横向きに成長する。本実施

形態においては、第2のエピタキシャルGaN層37は第1のエピタキシャルGaN層12と同じ材料から成り、従って上述した米国特許出願に開示されているトレンチ15における横肉長は有利である。

【0039】また、第2のエピタキシャル層37を第1のエピタキシャルGaN層12とは異なる材料としても良く、この場合の横肉向成長は、格子不整合歪みによるクラックをトレンチ15の領域内に局在化する作用を提供する。クラックがトレンチ15の底面に局在化されるために、結果的には、トレンチ15の側壁21a及び21bに第2のエピタキシャル層37にはクラックが生じない。

【0040】第2のエピタキシャルGaN層37を成長させる場合、第2のエピタキシャルGaN層37は、マスク14の側壁21aを越え、最終的に側壁21aから反対側の側壁21bに到達する。この場合、マスク14は、トレンチ15の両側に設けられ、トレンチ15の底面13及びトレンチ15の一方の側壁21a及び21bのうちの一方の側壁(例えば、側壁21a)から開始させるようにしても良く、この場合、更なるマスク14が前記一方の側壁とは反対側のトレンチ15の側壁(例えば、側壁21b)にも設けられる。

【0041】ここでは第2のエピタキシャルGaN層37を単層のGaN材料として示しているが、第2のエピタキシャルGaN層37は、実際には、ドーピングされた半導体層、クラッド層及び活性層等から成る追加のエピタキシャル層を含んでいても良い。これらの追加のエピタキシャル層は、通常の半導体レーザ層の半導体層及びクラッド層を作る場合に形成される。第2のエピタキシャルGaN層37が、製作しようとするデバイスに必要とされるだけの数多くの追加層を含むものであっても良いことは言うまでもない。しかしながら、本発明の概念は、第2のエピタキシャルGaN層37の構成に拘わりなく適用することができる。

【0042】次に、図9に示すように、第2のエピタキシャルGaN層37を露出して再び、マスク14を露出する第2のトレンチ20が形成される。第2のトレンチ20は、第2のエピタキシャルGaN層37の第1のトレンチ15中に成長させた部分に達していても良い。第2のトレンチ20は、マスク14を除去するために上述した如く後にエッチング割を流すための溝を形成する。トレンチ形成工程においては、第2のエピタキシャルGaN層37の一部であって、マスク14を介して第1のエピタキシャルGaN層12に繋がっている部分のみを残すために、第2のエピタキシャルGaN層37を十分に除去しなければならない。

【0043】第2のトレンチ20は、例えば第2のエピタキシャルGaN層37を少なくとも図9に示すように第2のエピタキシャルGaN層37の露出面により近い方のマスク14部分のレベルにまでエッチングして形成したものであるが、これに限定されるものではない。ト

レンチ20は、エッチング剤の流れを促進するために、更に第1のエピタキシャルGaN層12を貫通してサブファイア基板11にまで達するものであっても良いことに留意が必要である。

【0044】図4に関連して先に説明した方法と同様の方法で、第2の基板18が第2のエピタキシャルGaN層37の露出面上に取付けられる(図10参照)。この実施形態においては、第2の基板18は、当業者に熟知の方法でサブファイア基板11から第2のエピタキシャルGaN層37の露出面上に取付けられる。この実施形態においては、第2の基板18の材料は、導電性の珪素基板である。しかしながら、第2の基板18の材料は、これに限らず、良好な導電性を得る、かつ、上述の目的を全うするものであれば良い。

【0045】次に、図5に示すように、エッチング剤を用いて、第2の基板18の表面に開口部を形成する。この開口部は、第2のエピタキシャルGaN層37、第1のエピタキシャルGaN層12及び第2の基板18の何れかの層とを同一速度でマスク14の材料をエッチングする。第2のエピタキシャル層37の材料がGaNであり、マ
スク14の材料が二酸化珪素(SiO_2)である本実施形態においては、エッチング剤は、亜硝酸酸(HF)である。HFは、マスク14に化学的腐蝕作用を及ぼし、第1のエピタキシャルGaN層12や第2のエピタキシャルGaN層37、或は第2の基板18と、も同じ速度でエッチングされる。

【0046】図11は、第2の基板18及び第2のエピタキシャルGaN層37を含むエピタキシャル集合体30の一例を示したものである。この集合体30は、第2の基板18が底部にあるように縦方向にひっくり返した状態で示されている。マスク14をエッチング除去すると、第2のエピタキシャルGaN層37は、サブファイア基板11及び第1のエピタキシャルGaN層12から分離され、そして効率的に分離される。

【0047】図11は、また、図5に関する説明と同様の方法で、図9に示したように形成工程において分離された第2のエピタキシャルGaN層37の個々のストリップ間のストリッチ20をポリイミド材料19で埋めた状態を示している。ポリイミド材料19は、第2のエピタキシャルGaN層37を構成する様々な材料の端部を後続のデバイス加工工程において保護する。これらの端部は、エッチングによりレンチ20を形成した際に露出したものである。端部が露出した材料には、ドーピング層、クラッド層、及び複数の量子井戸を含む活性領域が含まれる。

【0048】ポリイミド材料19は、後のデバイス加工工程において付加される金属材料により層間に電気短絡を生じるのを防ぐためのものである。第2のエピタキシャルGaN層37は、 SiO_2 マスク14をエッチングすることによりサブファイア基板11から分離されている

ため、従来の分離技術を利用した場合のように、最終的にはレーザ構造を成す層がその構造の分解や損傷の原因となり得る高温にさらされることはない。

【0049】従って、第2のエピタキシャルGaN層37は、良好な光特性を有する半導体材料を含み、高品質な電気伝導層がそのレーザとして利用することができる。この実施形態は、サブファイア基板11は、良好な電気特性を有しているため、このサブファイア基板11を用いてレーザを製作することができる。

【0050】図12は、図11の集合体30の平面図である。図6に関する説明と同様に、第2のエピタキシャルGaN層37は、典型的には、第2の基板18の表面に形成されたストリッチ20の形状を形成し、図12に示す如く矩形形状を有する。あるいは、ストリッチ20の形状は、図12に示すような任意の形状を有する。図12に示すように、ストリッチ20は、図11の集合体30の表面及びサブファイア基板11の表面と5に示すを別々又は切り込みを入れれば良いことがわかる。第2の基板18及び第2のエピタキシャルGaN層37を破断することにより、露出した第2のエピタキシャルGaN層37にきれいな面を作ることができる。

【0051】更に、導電性の第2の基板18により第2のエピタキシャルGaN層37中の全ての層への電流分布が改善されるが、これは電流が導電性の第2の基板18から第2のエピタキシャルGaN層37中に作られたサブファイア構造へと直接的に流れためである。

【0052】図13は、図11の第2のエピタキシャルGaN層37を利用して作成したエッジ放出レーザ(即ち、端発光レーザ)半導体発光素子50の断面概略図である。この実施形態においては、p型半導体である導電性の基板18には、p型の電極51が設けられている。第2の基板18は、撓曲が容易なものでなければならず、第2のエピタキシャルGaN層37に低抵抗接触を形成するために高い電圧を印加するのが望ましい。導電性の基板18は、p型ガリウム砒素(p-type GaP)又はp型インジウム砒素(p-type InP)等(これらに限定されない)のような他のp型材料であっても良い。第2のエピタキシャルGaN層37は、この事例においてはp型層52を含んでおり、この上にはp型のクラッド層54が形成される。そして、このp型のクラッド層54の上には、活性層55が成長せしめられる。活性層55は、当業者に知られているように複数の量子井戸(MQW)を含んでいる。

【0053】活性層55の上には、n型のクラッド層56が設けられるが、これはクラッド層54と同様の構造及び機能を持っている。クラッド層54及び56は、エッジ放出レーザ素子50内において、キャリアの閉じ込めや光の光学的閉じ込めを行う。クラッド層56上には、n型層57が成膜される。そして、n型層57の上

10

20

30

40

50

10

10

10

20

308

40

40

40

50

に適用され、第2のエピタキシャル層17、37が第1のエピタキシャル層12及びマスク14の上に成長せしめられる。トレンチ20が第2のエピタキシャル層17、37に形成され、第2の基板18が第2のエピタキシャル層17、37にボンドメタル（結合）される。エッチング剤がトレンチ20を通じて導入されてマスク14がエッチング除去され、これにより第2のエピタキシャル層17、37が第1の基板11及び第1のエピタキシャル層12から分離される。ここで、第2のエピタキシャル層17、37は、エピタキシャル材料の化学的活性を損なうような操作を行なうこととなり、第1の基板11から分離されて第2の基板12に移し替えられる。

【００６２】本発明の上記の実施形態(図１)は、本発明の他の実施形態と等価なものであり、本発明の請求項に開示された技術的特徴を有する限り、本発明の範囲内に含まれるものである。また、本発明の請求項には、音楽などのオーディオ信号化処理手段やその他の商品品質要素子に利用することができる。このような変更及び改変の全ては、添付請求項に定義した本発明の範囲に含まれるものである。

【圖面之簡單說明】

【図1】エポキシ・ヤル層を1つの基板から分離して他の基板に移し替えるため、本発明の方法の第1実施形態を説明するためのものであって、エポキシ・ヤル集合体の断面図である。

【図2】図1のフェニルキシラン集合体の上に第2のフェニルキシランG a N層を形成した状態を示す断面図である。

【図3】図2のエピタキシャル集合体にトレンチを形成した状態を示す断面図である。

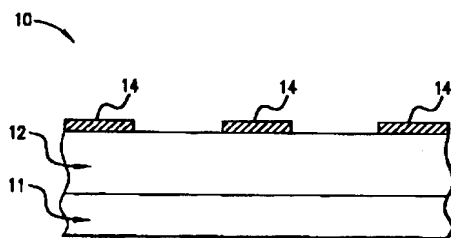
【図4】143のエピタキシャル集合体に第2の基板を取付けた状態を示す断面図である。

【図5】図4のEとタキリヤル集合体から分離した集合体を示す断面図である。

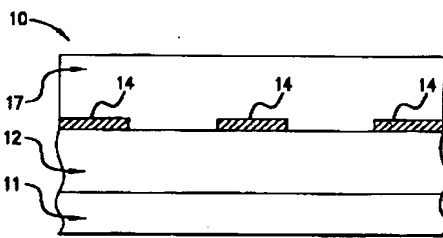
【图6】图5に示す主成分分析による集合体の平面図である。

【図7】エピタキシャル層を1つ基板から分離して他の基板に移し替えるための本発明の方法の第2実施形態

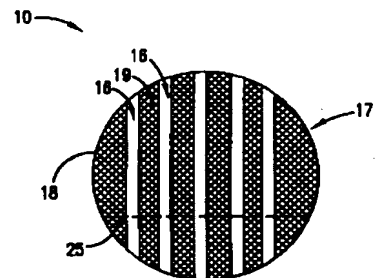
【☒ 1】



【图 2】



【 例 6 】



を説明するためのものであって、エピタキシャル集合体の断面図である。

【図8】図7の有機タキニル集合体上に第2の有機タキニルG a N層を形成した状態を示す断面図である。

【図9】図8のエピタキシャル集合体に第2のドレン電極を形成した状態を示す断面図である。

【図10】図9のエピタキシャル集合体に第2の基板を取付けた状態を示す平面図である。

【図1】 Γ -10の成分から集合体を分離した
集合体の平均断面図である。

【図12】図11に示すニータキの集合体の平面図である。

[illegible]

【図 1-1】：エピタキシャル成長の原理。図 1-1 に示すように、成長基板上に成長させる材料の原子を供給する。このとき、成長基板上に存在する原子と供給する原子との相互作用により、エピタキシャル成長が進行する。図 1-1 は、エピタキシャル成長の原理を示す断面図である。

【図15】図14のエピタキシャル集合体に第2の基板を取付けた状態を示す断面図である。

【図16】図15のエピタキシャル集合体から分離した集合体を示す断面図である。

【図17】図14～図16に示す製造方法を用いて製作した垂直空洞面放出レーザ（VCSEL）の断面図である。

【符号の記号】

10, 30, 100 エネルギーシヤル集合体

1 1 第 1 (7) 基板

12 第1 (イ) エピタキシャル層

14 77.4

15, 20, 70 トレンヂ

17, 37 第2のエピタキシャル層

18 第2(1)基板

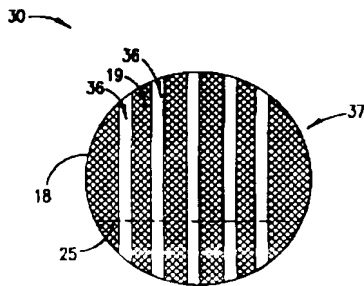
19 ポリノック材料

50 エンジンの放熱率について

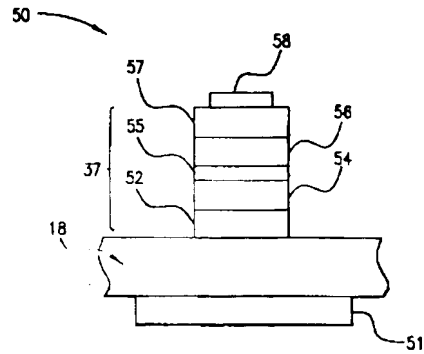
75、80 分布型ブラッシュリフレクタ (DBR)

150 垂直空洞面放出レーザ (VCSEL)

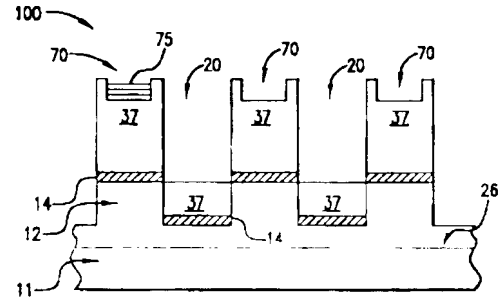
【図 12】



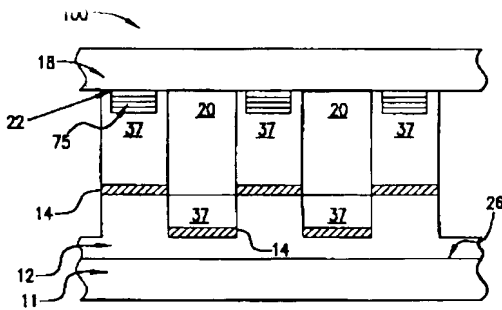
【図 13】



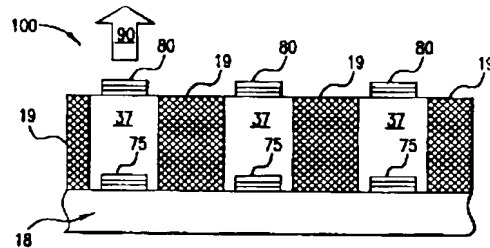
【図 14】



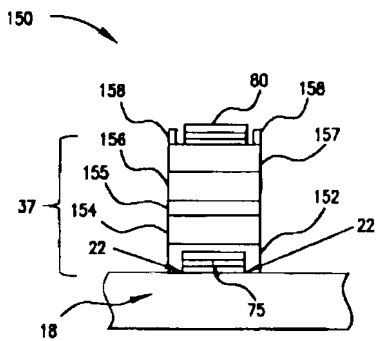
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(71) 出願人 399117121
395 Page Mill Road P
alo Alto, California
U. S. A.

(72) 発明者 シー・ユアン・ワング
アメリカ合衆国カリフォルニア州94306,
パロ・アルト